



Département Forêt
Programme « Arbres et Plantations »

RAPPORT DE MISSION A MAYOTTE
Du 10 Juillet au 17 Juillet 2002

Mission d'appui à la DAF/SEF pour le Projet Lutte contre
l'érosion hors systèmes de culture, rôle de la mangrove.



SARRAILH Septembre 2002

1 – Objectifs de la mission

Pour offrir un argumentaire aux services de développement concernant la vulnérabilité des mangroves, il manque des données scientifiques permettant une vision globale des phénomènes d'érosion, tant au niveau des milieux émetteurs que des milieux récepteurs et en particulier la mangrove.

L'opération AD 302 du projet « *Lutte contre l'érosion hors systèmes de culture, rôle de la mangrove.* » doit donc permettre d'orienter et d'animer la réflexion scientifique avec l'ensemble des partenaires concernés par le programme. Elle doit fournir, à partir de situations et de travaux de référence l'expertise scientifique débouchant sur la caractérisation et la quantification du phénomène érosif, avec une finalité de gestion stratégique.

Il est attendu du CIRAD un rôle initiateur et pilote dans la conduite du programme global

Cette opération se déroule en trois phases :

a- phase de préfiguration

- Adapter au contexte local les connaissances et travaux de référence sur l'érosion dans le système bassin versant – mangrove – lagon.
- Initier, animer, et orienter la réflexion à l'occasion d'une mission de lancement sur le terrain
- Recueillir des informations de terrain
- Etablir en partenariat le protocole d'étude ainsi qu'un planning prévisionnel pour l'ensemble du programme

Cette phase reposera sur une mission d'environ une semaine sur le terrain.

Un rapport préliminaire succinct synthétisera cette réflexion de lancement et indiquera le protocole retenu et validé par les partenaires.

En préalable à cette mission, la DAF/SEF préparera un état des lieux sur la bibliographie localement disponible et préparera le choix des sites d'étude.

b – phase d'étude

L'étude scientifique sera menée sur 3 ou 4 sites (mangroves et bassins versants amont) incarnant différentes configurations (mangrove en progression / régression, bassin versant agricole / périurbain...).

Sous réserve de confirmation à l'issue de la phase de préfiguration, et à concurrence du montant de l'opération, le CIRAD mettra ses compétences en œuvre pour :

- Apprécier la part des différentes actions humaines dans la mobilisation des particules en amont des mangroves
- Déterminer les caractéristiques des transports sédimentaires
- Estimer les flux terrigènes dans le système bassin versant – mangrove – lagon selon les différentes configurations
- Evaluer le rôle fixateur des mangroves
- Evaluer l'impact de leur destruction et de leur dégradation

Des méthodes d'analyse indirecte complétées d'études sur le terrain pourront être mises en œuvre, avec l'appui des partenaires du programme.

c – phase de synthèse :

A l'issue de la phase d'étude, le CIRAD effectuera, à l'occasion d'une mission sur le terrain, un bilan des résultats obtenus par lui-même et les différents partenaires, en identifiant les points qui devront faire l'objet d'approfondissements et d'études complémentaires.

Cette phase de synthèse, qui clôt l'opération, doit avant tout être vue comme le bilan de la première phase du programme global.

Un rapport final de l'opération servira de rapport d'étape au programme.

2 - Déroulement de la mission

voir tableau ci-joint

3 – Adaptation au contexte local des connaissances :

Ce rapport contient en annexe une note intitulée « l'érosion des bassins versants à Mayotte ». Dans cette note on a jeté les bases permettant l'estimation des apports terrigènes du bassin versant vers la mangrove.

Il reste à se concerter entre les différents partenaires (CIRAD, SEF, ESPACES) afin de juger de la pertinence des propositions et d'aboutir à rendre le projet opérationnel. En effet, il faut récolter les données pour évaluer les flux dans les différents bassins modèles.

4 – Différents points abordés :

- Avec le BRGM et Gilbert Vallee Délégué du Cirad à Mayotte : le CIRAD et le BRGM mettent au point actuellement une convention sur une cartographie d'étude des risques. Serge Guillobez est le chercheur CIRAD pressenti sur le sujet, pour réaliser une classification des sols. Une mission est prévue en Octobre. Faut-il prévoir la deuxième partie de l'opération BV-Mangrove ensemble ou au contraire ne pas multiplier les intervenants. Cyril Gomel souhaite que l'on distingue les 2 conventions et conserver le mois de novembre pour la 2° partie de l'opération. Ce qui ne veut pas dire ne pas prévoir des contacts avec Guillobez et Raunet.
- L'utilisation de l'arrière mangrove pour le lagunage : projet d'étude avec Cerhermer. L'idée serait de profiter de ce projet pour monter un GIS Mangrove est avancée par Maurice Haulin. Une autre solution pour le eaux usées pourrait être d'injecter ces eaux sous les colluvions. Il apparaît souhaitable que rien ne soit fait avant les conclusions de cette étude.

5- Conclusions

Nous avons pu rencontrer dans un minimum de temps les différents acteurs du développement, ou gestionnaires des milieux forestiers, concernés par la mangrove. Il existe une volonté quasi unanime pour conserver cette formation forestière naturelle, malgré les fortes pressions exercées par l'urbanisme et les travaux routiers.

Pour mener à bien l'étude envisagée, il existe des points forts : le groupement informel SIG permet de rassembler de nombreuses données et devrait faciliter le calcul de l'érosion sur les bassins versants. Les points faibles tiennent à la dispersion de la documentation sur l'érosion : il y a encore certainement des recherches bibliographiques à mener pour être sûr de ne pas recommencer des études déjà réalisées.

Enfin, il est malheureusement difficile d'utiliser les stagiaires de ce projet pour l'étude de l'érosion dans la mesure où ils quitteront Mayotte aux premières pluies. Par contre ils pourront utiliser le SIG pour délimiter les zones d'érosion homogènes sur lesquelles appliquer le modèle d'érosion.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont apportées leur soutien. La liste est assez longue :

- Gilbert Vallée Délégué CIRAD pour sa participation au projet et son accueil
- Jean Michel Sourisseau du CIRAD pour son accueil
- Caroline Guillaume du DAF/SEF pour son amicale présentation et l'animation des rencontres au SEF
- Cyril Gomel du DAF/SEF qui a permis de réaliser autant de rencontres en si peu de temps et qui s'est particulièrement investi dans le projet
- Ali Andy que nous avons fait travailler le 14 juillet
- Toutes les autres personnes qui ont permis à cette mission de s'être aussi bien déroulé

Bibliographie rapide :

Raunet M., 1992 : Ile de Mayotte - Les facteurs de l'érosion des terres et de l'envasement du lagon. Collectivité Territoriale de Mayotte. DAF. CIRAD & Université de la Réunion. 68 p+ carte H.T. au 1 : 50 000°

Lebigre J.M., 1997. Problèmes d'érosion dans les marais à mangrove de Mayotte (archipel des Comores). *Tra. Lab. Géo. Phys. Appl.*, Bordeaux, 15 : 45-58.

Fromard F., Bousquet-Melou A., 2000. Les Mangroves de Mayotte. Rapport bibliographique réalisé pour la société ESPACES. LET Toulouse, 65 P.

Fromard F., 2000. Les Mangroves de Mayotte. Analyse écologique et propositions de restauration. Rapport réalisé pour la société ESPACES. LET Toulouse, 61 P.

Roose E., Sarrailh J.M. 1990. Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XXV, n° 1-2, 1989-90 : 7-30

Annexe : Déroulement de la mission

Jour	Heure	Lieu	Activités	Personnes rencontrées
Mercredi 10 juillet	12h25	Aéroport	Arrivée Dzaoudzi	Jean Michel Sourisseau (CIRAD-Mayotte)
	15h00	CIRAD Mamoudzou	Accueil CIRAD : Réunion CIRAD- BRGM- DAF/SEF sur les travaux en cours. Point sur la mission	Jean Christophe AUDRU (BRGM) Jean Michel Sourisseau (CIRAD-Mayotte) Cyril Gomel (DAF/SEF)
Jeudi 11 juillet	9h30 12h00	DAF Mamoudzou	Rendez-vous, service Equipements ruraux de la DAF	Maurice HAULIN, Loïc GIORGI (DAF/ER) et Cyril Gomel (DAF/SEF)
	14h00 à 18h00	DAF/SEF Coconi	Point avec l'équipe de la DAF/Service Environnement et Forêt ; bilan des attentes Rendez-vous avec le chef du service développement agricole de la DAF Discussions avec le Botaniste de la DAF/SEF	(Caroline GUILLAUME – chef du SEF- , Cyril Gomel SEF, Colette ROBBE et Cécile ROMAND BTEC, Soulaïma ISSOUFFOU , Kamardine AHAMED, secteur forestier sud et Ali ANDY secteur forestier nord), Roger MANGUIN chef du service DA Fabien BARTHELAT
	7H00		Visite de Terrain : Baie de Bouéni, mangrove de Dapani, restauration de padzas	Fabrice HOLLEY (Espaces), Cyril Gomel, Soulaïma ISSOUFFOU , Kamardine AHAMED, Cécile ROMAND
Vendredi 12 juillet	14h00 18h00	DAF/SEF Coconi	Point sur la bibliographie	Fabrice HOLLEY (Espaces), Cyril Gomel, Olivier SOUMILLE (Espaces)
Samedi 13 Juillet	8h30- 17h00		Visite de Terrain : tournée dans le nord de l'île (Longoni, Dzoumonyé...)	Fabrice HOLLEY (Espaces)
Dimanche 14 juillet	8h00- 13h00		Visite de terrain : mangrove de Soulou, padzas de Mtsangamouji	Fabrice HOLLEY (Espaces), Ali ANDY secteur forestier nord
Lundi 15 Juillet	8h00 12h00	CIRAD Mamoudzou	Réunion de travail au CIRAD	Fabrice HOLLEY (Espaces)
	14h00 à 17h00	Mamoudzou	Service de l'urbanisme Direction de l'Equipement Délégation à l'environnement Direction de l'Equipement	Patricia ANDRIANARISON, Eric LEMASTER (urbanisme) Vincent CLIGNIEZ Délégué Dominique VALLEE Suppléant du DE
Mardi 16 juillet	7h00	Service des Pêches	RV avec chef du service des pêches et de l'environnement marin	Olivier ABELLARD chef du service des pêches
	9h00	Terrain	Mangrove baie de Bouéni et Dapani	François FROMARD (CNRS), Fabrice HOLLEY (Espaces), Cécile ROMAND SEF
	14h30	DAF/SEF	Réunion d'étape - protocole d'étude Conservatoire du Littoral	Le SEF (au complet), Guy BONNEMAISON (Conservatoire du Littoral), Olivier SOUMILLE (Espaces)
Mercredi 17 juillet	8h00	CIRAD	RV avec Gilbert Vallée	François FROMARD (CNRS), Fabrice HOLLEY (Espaces),

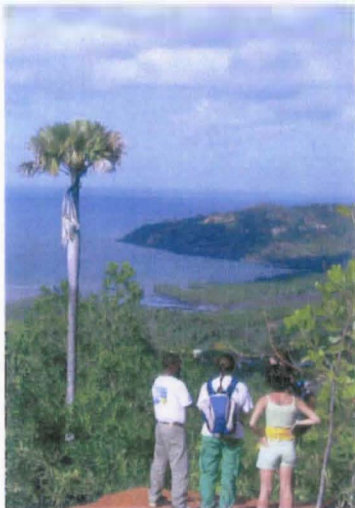
L'ÉROSION DES BASSINS VERSANTS A MAYOTTE

1 IDENTIFICATION DE BASSINS VERSANTS MODELES

Critères de choix : Il est bien entendu évident que le choix est réalisé en priorité à partir des mangroves et qu'il est nécessaire de couvrir les différents types de mangrove rencontrés dans l'île.

Il est prévu d'étudier (par ordre alphabétique):

Dapani : dans le sud. On observe une régression des surfaces de la mangrove, suite à une érosion marine. Elle est encours d'acquisition par le conservatoire du littoral, qui y a déjà installé une passerelle de visite.



Mangrove de Dapani

Dzoumonye : dans le nord, c'est la mangrove où l'on observe le plus grand nombre de faciès.

Hajangoua : la mangrove est alimentée par deux bassins versants contigus (Hajangoa et Salim Bé), et elle est gérée par le conservatoire du littoral. C'est l'exemple d'une mangrove sans fortes pressions.

Mgombani : petit bassin versant presque exclusivement en zone urbaine

Soulou : dans le nord ouest, on y observe les formes les plus fortes d'érosion marine, avec un talus d'érosion marqué et de nombreux arbres abattus sur la plage témoignant de l'importance de l'attaque marine.



Mangrove de Soulou

Tsingoni (bassin versant de Dindioni-Combani): grand bassin versant de 2400 hectares. Cette mangrove a été le siège d'une coupe à blanc de palétuvier.

Enfin, sur Petite Terre, il est prévu d'étudier la constitution progressive d'une mangrove sur le site de Badamier, sans qu'il soit réellement prévu de relier les études à un bassin versant.

Le grand bassin versant Chirongui (ou baie de Bouéni), retenu à priori, a été remplacé depuis par Soulou et Tsingoni. Sur ce bassin on observe la plus grande mangrove avec une superficie d'environ 200 hectares, et aussi le plus grand bassin versant (3550 ha). Du fait la complexité de l'étude, il n'apparaît pas comme un véritable bassin modèle.

2 CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT

Il s'agit de caractériser les bassins versants. Cela peut-être réalisé à partir des différentes couches du SIG Mayotte.

Caractères physiques : Pluie, sols, topographie
Végétation, utilisation des sols.

3 MODELISATION DE L'EROSION

Classiquement on utilise le modèle d'équation universelle des pertes de terre de Wischmeier.

L'équation s'écrit sous la forme :

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

A est l'érosion en tonnes par hectare et par an
R l'index d'érosivité de la pluie (calculé à partir des intensités)
K indexe de sol (érosivité du sol) qui se mesure à partir de parcelles standard (parcelles Wischmeier)
LS l'indice de pente qui est lié à la fois à la pente et à la longueur de la pente
C l'indice de culture
P l'indice de traitement

Facteurs sur lequel il n'est pas possible d'influer :

Indice d'érosivité de la pluie :

Il se calcule à partir de données climatiques. Pour une pluie donnée, c'est le produit de l'énergie globale de la pluie par l'intensité maximale en 30 mm exprimée en mm/h et divisée par 100.

$$R = E_g \times I_{30mn} / 100$$

Comme E_g est assez complexe à calculer (il faut dépouiller l'enregistrement) on utilise généralement une équation mise au point par regression linéaire à partir d'un large échantillon, qui donne directement la valeur de R en fonction de $P \times I_{30mn}$.

Ainsi à La Réunion il a été établi la relation $R = 0.029 P \times I_{30mn} - 1.21$ (J. Coudray 1988)
 De façon encore plus rapide Roose a montré qu'il existe une relation simple entre l'indice d'agressivité annuel moyen Ram et la hauteur de la pluie annuelle (sur une période suffisamment longue) durant la même période.
 $Ram = Ham \times 0.60$ en zone côtière et $Ram = Ham \times 0.35$ pour les zones montagneuses.
 Personnellement nous avons trouvé $Ram = Ham \times 0.3$ en Guyane (bassins ECEREX), et P. Guizol $Ram = Ham \times 0.3$ au Burundi (Rushubi).
 Dans un contexte insulaire il n'est pas évident de trancher. On trouve selon J. Coudray à La Réunion, dans les Hauts, $Ram = Ham \times 0.48$.

Cela peut donner une première estimation sur l'agressivité de la pluie avec un coefficient entre 0.5 et 0.3.

Sur le bassin de Dzoumonye où la pluie annuelle moyenne est d'environ 1800 mm on aurait une agressivité de la pluie entre 900 et 550
 Sur le bassin de Dapani où la pluie moyenne annuelle est de 1300 mm on aurait une agressivité de la pluie entre 650 et 400
 Soit un écart de 1.4 entre l'érosivité de la pluie dans le nord par rapport au sud.

Erodibilité des sols :

On utilise pour déterminer ce facteur une parcelle standard dite de « Whischmeier » dont le protocole est le suivant : sol nu, sarclé après chaque pluie, 100 m², 9% de pente, 20 m de long.

On peut d'après la littérature estimer la valeur de K à Mayotte :

Padzas : altérites où l'eau ne s'infiltre plus et le ravinement est généralisé :
 $0.2 < K < 0.5$
 Sols ferrallitiques non remaniés : $0.01 < K < 0.03$
 Sols ferrallitiques remaniés : $0.03 < K < 0.05$
 Matériaux de pente : $0.05 < K < 0.1$

Facteurs sur lesquels il est possible de diminuer l'érosion

LS : indice de pente

si on ne peut agir sur la pente (sauf par un réseau de terrasse), on peut réduire la longueur de la pente en mettant en place des murets, des haies vives ou des fossés.

$$LS = l / 100 \times (0.76 + 0.53 s + 0.076 s^2)$$

ou l = longueur de pente en pieds et s pente en %

Pour une longueur de pente constante de 150 m : LS = 31 pour 40% de pente, et 9 pour 20% de pente.

Il s'avère cependant que ce facteur semble surestimé pour les fortes pentes (supérieures à 18%) et des longueurs de pentes supérieures à 100 m (P. Guizol au Burundi, Roose et Sarrailh 1989).

Il paraît raisonnable d'utiliser une valeur de 7 pour les pentes fortes

C : couverture végétale :

c'est Le facteur le plus important : entre la forêt (C= 0.01) et une jachère travaillée (C= 1), l'érosion est 100 fois plus forte. Tout ce qui permet de recouvrir le sol nu (paillage, couverture herbacée), va contribuer à diminuer fortement l'érosion.
 Dans le cas des padzas du fait de la pierrosité de surface et comme il n'y a pas de labours, on l'estimera à 0.8

P : indice de traitement :
labour en courbes de niveau (P = 0.75), bandes antiérosives (P = 0.3 à 0.1)

***Estimation de l'érosion sur padza :**

Avec ces estimations on trouverait pour les padzas du nord :

R = 725 (moyenne de l'érosivité des pluies), K = 0.2 (sols altérés), LS = 7 (pentes fortes), C = 0.6 (sol nu avec gravillons), P = 1 (pas de travaux)

A = 609 tonnes par hectare et par an

En fait J. Lapegue ne trouve « que » 104 t t/ha/an dans ses mesures effectuées à Mayotte.

Ceci peut s'expliquer car le modèle d'érosion n'est pas prévu pour des valeurs aussi fortes pour tous les paramètres. En particulier les pentes. Le facteur érosivité du sol est souvent bien inférieur à la théorie, car des caractéristiques de surface diminuent sa valeur (cailloux de surface...). Enfin les quantités à mobiliser sont telles que l'énergie requise nécessaire est rarement observée.

Il nous paraît nécessaire de compléter les mesures déjà faites par le dispositif suivant :

Sur un micro bassin versant (100 m² environ) en padza actif (sol nu) installer trois fers à béton espacés d'1m50 sur lesquels, on posera une règle **lors des mesures**. Ce dispositif étant répété trois fois à l'intérieur du micro bassin.

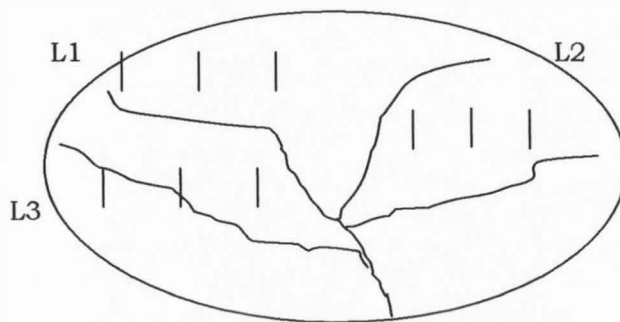
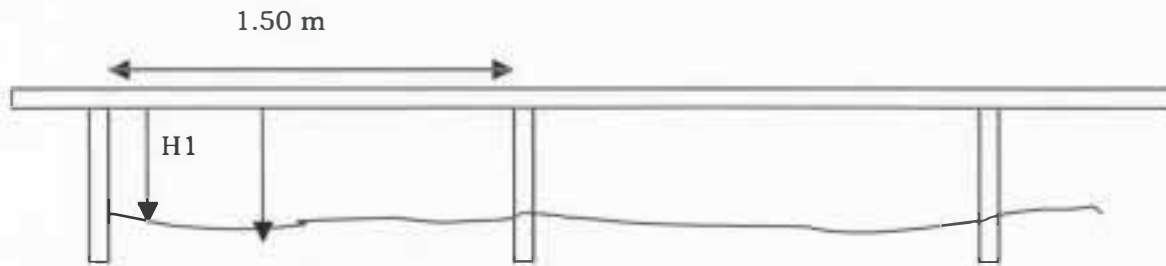


Schéma du micro bassin
Avec les 3 lignes de
mesure

En mesurant tous les 20 cm la hauteur entre la règle et le sol on estimera la hauteur de sol arraché le long de la ligne de mesure (différence de hauteur entre les deux mesures) et on extrapolera la moyenne des trois mesures à l'ensemble du micro bassin versant mesuré.



Il sera particulièrement intéressant de comparer un padza actif avec un padza couvert de graminées et de fougères, et avec un padza planté en *Acacia mangium*.



Padzas de Dapani en cours de reboisement

***Estimation de l'érosion sur culture de manioc sur fortes pentes**

Si on fait tourner le modèle pour du **manioc sur fortes pentes dans le nord**, on aurait :

$R = 725$ (moyenne de l'érosivité des pluies), $K = 0.05$ (sols de matériaux de pente), $LS = 7$ (pentes fortes), $C = 0.6$ (culture avec sol nu), $P = 0.6$ (pas de labour dans la pente)

A = 91 tonnes par hectare et par an

Champs de manioc



Ce qui peut sembler considérable, mais pas invraisemblable dans la mesure où les observations sur l'érosion des cultures ne sont font rarement sur de telles pentes. Lapègue donne comme valeur pour le sol nu sarclé de 107 tonnes/ hectare et site des valeurs de 300 t/ha/an au Rwanda.

Là aussi il semble nécessaire de reprendre le même dispositif (3 fois, 3 piquets), et de mesurer l'érosion sur champ de manioc en forte pente.

***Estimation de l'érosion sur culture arborée sur pentes modérées**

Pour les cultures moins érosives et qui sont encore la majorité on retiendra les valeurs d'érosion mesurées par Lapègue : entre 1.4 et 1.8 t/ha/an.

Là encore on peut faire tourner le modèle avec un facteur couverture du sol que nous estimerons à $C = 0.05$ compte tenu des façons culturales et du nombre d'arbres et de bananiers. De même le fait que l'on utilise pas de charrues donne un facteur P de 0.5

$$A = 725 \times 0.03 \times 3 \times 0.05 \times 0.5$$

$$A = 1.63 \text{ tonnes par hectare et par an}$$

Ce qui donne un résultat très cohérent avec les mesures sur le terrain.

***Estimation de l'érosion sous forêts**

Enfin pour les formations forestières plus ou moins secondarisées on peut estimer que l'érosion doit être assez négligeables (0.3 à 0.1 t/ha/an).

$$A = 0.2 \text{ tonnes par hectare et par an}$$

***Estimation de l'érosion d'un bassin versant**

Que peut t'on développer à partir de ces valeurs ?

Par SIG on peut assez facilement estimer la superficie des padzas, des cultures arborées, des formations forestières plus ou moins secondarisées. Il faudra estimer la part des cultures de manioc sur fortes pentes (enquêtes, photos aériennes) qui ont un impact 50 fois plus fort que les cultures avec bananiers et bois noir.

On aura à l'arrivée une estimation des apports sédimentaires des bassins vers la mangrove liés à la couverture végétale. Il faudra y rajouter la part des travaux de voiries, constructions de maisons et de bâtiments publics (écoles...). Il est aussi logique de penser qu'une partie de ces transports solides sont retenus plus ou moins longtemps dans les parties planes des bassins. Cette fraction ne semble pas facile à quantifier.

On peut cependant se fixer les idées en simulant un bassin versant virtuel.

Prenons un bassin de 1000 hectares (taille de celui de Dapani).
Si on évalue à 100 ha de padza, cela représente environ 10 000 tonnes de terres.
50 hectares de cultures de manioc sur pentes fortes représenteraient 4500 tonnes de terres.
300 hectares de cultures arborées : 500 tonnes
550 hectares de forêts : 100 tonnes
Total du bilan : environ 15 000 tonnes soit de l'ordre de 8700 m³ par an.
Soit pour une mangrove de 10 hectares qui capterait tous les sédiments une épaisseur de 8.7 cm par an.

Une activité de construction de 50 maisons (80 m³ de déblais) mobiliserait 4000 m³ soit près d'un tiers en plus à rajouter à l'érosion de ce bassin.

5 CONCLUSIONS

A partir de modèles théoriques et des quelques mesures déjà réalisées à Mayotte, on peut – à priori – se faire une idée des ordres de grandeur de l'érosion.
Il faut donc, pour une meilleure appréciation du phénomène, améliorer les données nécessaires au modèle.

➡ 1 : données sur la pluie et les intensités maximales.

On a une fourchette trop importante de l'érosivité de la pluie. Les données existantes (à rechercher à Météo France) devraient permettre de réduire l'écart de possibilité.

➡ 2 : données sur l'érosion des padzas et des cultures de manioc sur fortes pentes.

Ce sont les deux zones qui produisent le plus d'érosion. Il faut donc mieux estimer les quantités réelles mobilisées lors des averses. Des mesures simples devraient confirmer les résultats actuels (données Lapègue) et permettre de distinguer l'érosion entre padzas actifs et padzas revégétalisés. Pour les cultures de manioc, là aussi des mesures simples sont indispensables.

➡ 3 : données sur l'érosivité des sols.

La cartographie BRGM-CIRAD devrait permettre d'affiner la zonation des types de sols et de se faire une meilleure idée de leur cohésion. Une lecture plus approfondie de la Thèse de Lapègue devrait aussi permettre de préciser le paramètre.

➡ 4 : données sur les cultures.

Les images satellites et les photos aériennes devront être interprétées. Le travail qui vient d'être réalisé à la DAF sur la couverture végétale est déjà une bonne base de travail.

➡ 5 : données d'atterrissement des sédiments dans la mangrove :

le même type de dispositif installé sur l'arrière mangrove, devrait aussi donner quelques indications sur les ordres de grandeur de matériaux transportés.

Si le sujet s'avère important pour l'aménagement du territoire il faudra faire appel à des mesures d'érosion en parcelles et/ou à un simulateur de pluie. D'autre part pour une évaluation globale des volumes transportés il faudra s'attacher les services des hydrologues qui estimeront les dispositifs et le matériel à mettre en place pour obtenir des mesures de qualité.